

# 氧化塘建成后浮游生物的演变\*

陈 锡 涛

(中国科学院水生生物研究所)

严家湖氧化塘位于湖北鄂城县庙岭公社，是一个长期被农药厂排放废水污染严重的水体。本文系氧化塘建成的1978和1979两年的浮游生物工作的总结，说明氧化塘的净化效能和浮游生物在氧化塘这个特异生态环境中群落结构，种类组成和数量等方面的演变情况。

## 一、工作方法

浮游生物采样站设在每个氧化塘的出水口处(见图1)。五个氧化塘每塘设一站，每月浮游生物和水质化学分析同时采样。

浮游藻类和原生动物的定量，每次一升，用碘液固定，沉淀浓缩至30毫升。轮虫<sup>1)</sup>和甲壳动物每次采水样10升，用25号筛绢网过滤，浓缩后用福尔马林液固定。计数浮游藻类和原生动物，取摇匀水样0.1毫升于计数柜上，用目镜10×和物镜20×计数，一片计数三行(全片共10行，分左中右三行进行)，一个水样计数二片，将所得的数据平均后推算每升水中的个体数，轮虫和甲壳动物将沉淀物全部计数然后将各类动物数得的数据再推算至每升水中各动物的个体数，浮游生物鉴定到属为止，对一些不易分辨的种类，则定到大类。

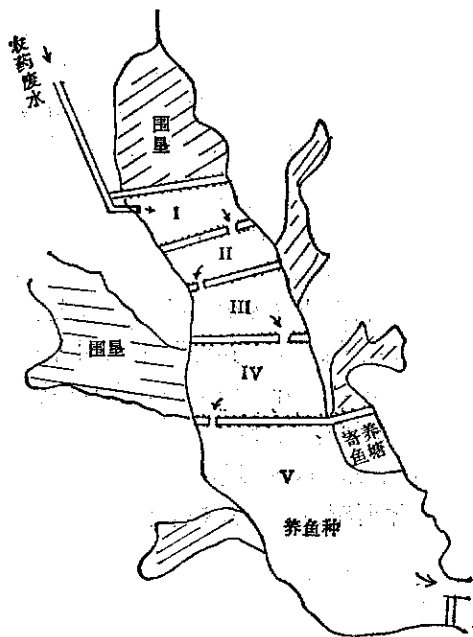


图1 严家湖氧化塘及各采样站示意图

I. 1号塘(400亩); II. 2号塘(350亩); III. 3号塘(550亩); IV. 4号塘(1500亩); V. 5号塘(3200亩)。

\* 本文承蒙王德铭、白国栋、陈受忠三位副教授和王士达同志审查修改，谨此致谢。

1) 轮虫本采用1升水样来定量。因经常采不到轮虫，故和甲壳动物水样一起计数。

## 二、氧化塘浮游生物的群落结构

氧化塘中各类浮游生物的组成结构计有绿藻类 45 种,原生动动物 66 种。

### (一) 浮游藻类

浮游藻类在各站上的分布反映出以绿藻、蓝藻、硅藻三类为主。然而,由于各站的水质净化程度不同,种类的分布也有所差异。如 1978 年绿藻和蓝藻除第 4 站上种类略多外,其他各站上种类基本相同,硅藻自 1—4 站上种类极少,而 5 站上种类明显增多,1979 年尤为明显。浮游藻类在各站上分布情况是 1978 年种类较多,1979 年种类略少。氧化塘浮游藻类的种群结构在两年中的变动十分明显。

**浮游藻类数量变动** 1978 年浮游藻类年平均每升水中含有 696.6 万个,1979 年平均每升水中含有 255.7 万个,两年数量相差 2.8 倍。各站浮游藻类的数量,1978 年以第 5 站数量最少,第 4 站数量最多,两站间相差 5.8 倍,1979 年第 1 站数量最少,其次是第 5 站,第 1 站与第 4 站间相差 5.2 倍。两年中均以第 4 站数量最多。总观二年情况,1978 年藻类数量水平与 1979 年相差甚大,然而在各站上的反映规律变动基本相符(见图 2)。

决定氧化塘藻类数量的主要种类是绿藻,蓝藻,其次是硅藻。在绿藻中以网球藻和纤维藻数量最多,每升水中最高含量可达  $89 \times 10^9$  或  $49 \times 10^{10}$  个,在镜检时这两种藻类可占 99% 的绝对优势。这种异常的优势和纯度,为一般湖泊水体所罕见。绿藻是氧化塘一年四季出现

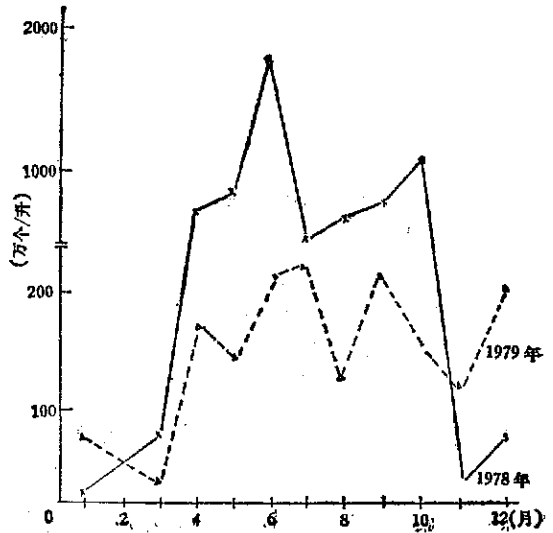


图 3 氧化塘浮游藻类的季节变化

的种类,1 月份每升水中数量就含有万余个到几十万个,夏季高温时数量更多,直到冬季的 12 月份它的数量还保持上千万个之多。其次是蓝藻,它们多是喜高温种类,主要是颤藻,螺旋藻和鱼腥藻。颤藻常年易见,而螺旋藻和鱼腥藻在夏秋的高温季节数量特别多。由于这两类藻类同时偶于夏季的高温季节,加以体积又大,故采集时,在捞网上常形成一层糊状液体,每升水中含量高达  $99 \times 10^7$  和  $19 \times 10^8$  个。硅藻的数量与季节无明显关系,温度升高,每升水中数量也相对增多,最高达  $10 \times 10^6$  个,在冬春两个温度较低的季节,其数量也有上万个左右。以上三种藻类是氧化塘的主要优势类群,由于它们相继续续出现,且稳定相当高的数量,使氧化塘常年保持十分丰富的藻类数量(见图 3)。

### (二) 浮游动物

#### 1. 种类组成与分布

(1) 原生动物: 优势种类不明显,1978 年见到的卵形前管虫、弹跳虫、映毛虫在 1979 年未发现,而 1979 年见到的漫游虫、栉毛虫、真游虫在 1978 年则没有发现。1978 年 1—5 站种类分布基本相同,而 1979 年 1—5 站之间差异较大,1 站种类只有 6 种,而 5 站有 14 种,比 1 站多 2.3 倍。

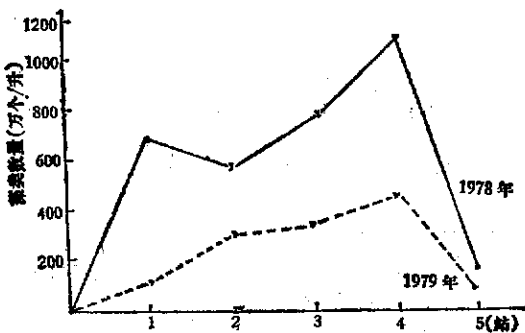


图 2 氧化塘浮游藻类二年各站变动规律

表1 氧化塘各站浮游动物的数量变动

(单位: 个/升)

类别	站 年份	1	2	3	4	5	共 计	1979年比 <sup>73</sup> 78年增(+)
								减(-)倍数
原生动物	1973	30	6891	11427	13659	9585	41592	+8.8
	1978	31376	100705	67140	153881	343360	696462	-1.89
	1979	40516	36480	167239	73760	49883	367880	
轮 虫	1973	78	3899	5324	1038	1470	11809	+1.46
	1978	28.8	177.3	240.1	1280.1	229.8	1956	+8.8
	1979	80.7	400	14279	923	1619	17300	
枝角类	1973	0.3	2.0	11.4	10.5	17.4	41.6	+2.28
	1978	0	1.4	0.3	9.8	5.3	16.8	+5.6
	1979	7	32	16.4	10.6	30	96	
挠足类	1973	0.6	80.1	98.5	430	31.8	254	-2.9
	1978	2.2	2.2	44.3	89.2	84.5	222.5	-2.56
	1979	1.3	45.9	6.1	19.9	13.6	87	
合 计	1973	108.9	10872.1	16861	14751	11104	53697	+7.18
	1978	31407	100885	67388	155260	343679	698619	-1.8
	1979	40605	36957	181540	74713	51545	385360	

(2) 轮虫: 优势种类明显, 两年中种类基本相似, 分布也比较相同。其中晶囊轮虫、泡轮虫和巨腕轮虫在1站始终未见过, 比较突出。

(3) 枝角类和挠足类: 两年的种类皆十分稀少, 蚤属中一种大型蚤 (*Daphnia*) 始终未发现, 枝角类除裸腹蚤外, 秀体蚤和象鼻蚤仅在3站以后偶而见到, 挠足类则主要是一种幼体——头节幼虫, 在各站均有发现。

2. 浮游动物数量变动 浮游动物数量变动, 亦随年而异, 两年相比, 1979年总数比1978年减少1.8倍。其中原生动物比1978年减少1.9倍, 轮虫和枝角类比1978年分别多8.8和5.6倍, 挠足类比1978年少0.39倍(见表1)。

浮游动物在各站上的数量变动, 总的趋势, 污源进口的1站数量较少, 废水随着氧化塘运转的距离延长, 数量逐渐增加, 4站上数量最高。浮游动物在各站上的数量高峰1979年比1978年提前1或2个站的距离, 如原生动物1978年的第5站数量最高, 而1979年第3站上数量最多, 又如轮虫1978年第4站数量最

高, 1979年则是第3站数量最多(见表1)。枝角类和挠足类也类似这样。这与1979年比1978年水质净化效果高的变动趋势是一致的。

浮游动物数量的季节变化与浮游藻类一样, 高峰期参差不齐, 比较两年的季节变动情况, 原生动物高峰期在4—6月, 轮虫在4—7月, 枝角类和挠足类在6—9月。与武昌东湖相比氧化塘的季节高峰出现偏早, 秋季后不会再出现高峰。这可能与氧化塘秋季后水位下降, 废水的毒物浓度相对增加有关。

### 三、讨 论

(一) 严家湖氧化塘经三年(1977—1979年)的运转治理, 水质逐步得到改善和恢复。浮游生物的群落结构与组成也逐渐在变化。

两年演变特点归纳如下:

1. 种群结构的变化 浮游藻类的群落结构变化比浮游动物明显。严家湖的浮游藻类以绿藻、蓝藻和硅藻为主, 其中尤以绿藻最突出。氧

表2 氧化塘主要藻类的结构比较

年份	藻类				不同年份比值			
	属比	绿藻	蓝藻	硅藻		73	78	79
1973	属数	35	10	13	绿藻	1	0.65	0.48
	比值(倍)	1	0.29	0.37				
1978	属数	23	7	10	蓝藻	1	0.70	1.1
	比值(倍)	1	0.30	0.43				
1979	属数	17	11	14	硅藻	1	0.76	1.07
	比值(倍)	1	0.64	0.82				

化塘建成后仅三年的时间，三种主要藻类中的绿藻种数下降，而蓝藻和硅藻的种数上升。其结构变化概括于表2。十分明显，蓝藻和硅藻两年来比例上升。似乎出现以蓝藻替代绿藻的发展趋势。

2. 种类增加 种类数量上的增加或减少，也反映着一个水体的水质状况和它的变化。严家湖的污染水质随着氧化塘三年的运转和净化，在水质得到改善的同时浮游生物也开始出现一些过去没有的种类，与1973年调查结果相比，1979年比1973年增加了栅连藻、十字藻、集心藻、螺旋藻、丝状硅藻、肋缝硅藻、黄丝藻等；浮游动物除变化异常的原生动物和种类极少的枝角类和挠足类外，有代表性的轮虫种类，如在1973年的调查报告中未提到有晶囊轮虫、

巨腕轮虫、泡轮虫，在1978和1979年中大量出现，是一个明显的不同。

3. 数量减少 这是与种类增加的相同结果又不同的表示，也是一个水体水质变化所反映的一种规律。浮游藻类1979年比1978年减少2.72倍，比1973年减少2.87倍，第1站上1979年数量增多外，其它各站上1979年均比1978年和1973年少。综上所述，严家湖建成氧化塘后水质净化反映在浮游生物上的变化是十分显著的。据有关文献报道，硅藻尤其是黄绿藻是一种喜生长在远离湖边的清水性种类。也有报道认为晶囊轮虫和多肢轮虫等是偏向于寡污性的动物。还有的认为轮虫在氧化塘中最适生长且具有较多的数量，它是与水质营养物具有密切关系、与毒物较敏感的一般污染水体的生物。

表3 氧化塘各站水样中农药含量

(单位:毫克/升)

年份 站	1978—1979年二年分析结果的平均值								氧化塘前 1976年的测定
	对硫磷	马拉硫磷	六六六	乐果	对硝基酚	无机磷	有机磷	合计	无机磷
1	0.36	0.43	0.55	0.189	1.14	0.83	4.5	7.99	0.73
2	0.21	0.44	0.56	0.19	0.94	0.96	4.11	7.41	
3	0.091	0.195	0.345	0.147	0.44	1.26	3.15	5.63	
4	0.04	0.087	0.173	0.069	0.09	1.57	2.56	4.59	0.70
5	0.014	0.016	0.13	0.032	0.0052	0.52	1.176	1.89	0.33

严家湖氧化塘的生物变化反映,一方面证明氧化塘对农药废水净化的生物效能,同时又反映了严家湖严重污染水体得到治理与恢复,逐渐趋向并出现一般湖泊水体类型的浮游生物的种类组成和常见种类。一般来说,任何一个水体,浮游动物数量的多寡决定于浮游藻类是否丰富,它们之间存在着相互制约的关系。然而,氧化塘初建后的原生动物数量大量增加,影响了浮游动物的总量,这除了与藻类或细菌等营养物有关外,与净化后的低浓度农药水质是否有关?氧化塘这个特异生态环境特殊的变化规律,有待今后深入观察研究。

## (二) 氧化塘各站间浮游生物的变化

严家湖氧化塘系利用严家湖分隔成五个不同大小面积,又互相流通,利用生物处理的一种净化构筑系统,在生态环境上相似。由于废水在氧化塘中运转时间和流程的不同,各氧化塘的净化程度亦不同,生物上的反映也有不同。第1站上生物数量最少,而在种类上略多于第2站,这情况可能与废水入氧化塘前经3公里长的明沟,沿沟的农田,小水坑排水时带来一些种类有关。第2站种类明显减少,1站至2站水体中缺氧,pH值变化极大(4—11之间),毒物浓度高(见表3),水极臭。该水质处于厌氧下毒物开始分解氧化。显然,这种水质不利于生物的生长。2站以后到5站生物种类和数量逐站增加,第4站上数量最多,与1站相比大1—2个数量级,水色极绿,水中氧的含量一般在3—5之间,pH变动在6—7.5,毒物基本被分解。该段水质对藻和动物生长没有抑制影响,相反,有机磷农药废水被分解为无机磷肥料,增加了水体营养物(见表3),促进浮游生物的大量生

长。第5站生物数量相应减少,从第4站流出的污水被大量稀释,水草恢复丛生,可供生物生长的营养物减少,同时放养了大量食浮游生物的花鲢和白鲢鱼种,使第5站的生物数量明显减少。然而,第5站的生物种类比其它各站多,硅藻大量生长和黄绿藻出现,这进一步证明了氧化塘的净化效果和对农药废水的特殊负荷能力。这与氧化塘建成前严家湖农药废水污染日趋严重形成一个鲜明的对照。从表2、3上进一步反映出浮游生物数量高峰,1979年比1978年提前一或二站出现,如浮游动物1978年4站数量最多,1979年3站或2站最多。这显然与浮游动物对毒物的敏感反应和营养物有关,更进一步证明氧化塘的净化效果。因此,从浮游生物反映上看,氧化塘在严格控制和管理下,净化效能会更高。第3站是今后生物最多的一个站,也就是农药废水从进入氧化塘的1站运转至3站,毒物基本被分解氧化,营养物最丰富。

## 参 考 文 献

- 沈福芬 蒋燮治 1979. 从浮游生物评价水体自然净化的功能 海洋与湖泊 10(2): 165—173。  
饶钦止 1956 湖泊调查基本知识 科学出版社。  
—— 1960 五里湖1951年湖泊调查(浮游植物) 水生生物集刊(1): 74—91。  
蒋燮治 1965 武昌东湖枝角类种类组成与数量变动的观察 水生生物集刊 5(2): 220—238。  
Arora, H. C. 1966. Rotifera as indicators of trophic nature on environments. Hydrobiologia 27:146—159。  
Curds, C. R. and Hawkes, H. A. 1975. Aspects of Used-water Treatment. Völl The organisms and their Ecology。  
Lackey, R. T. 1973. Artificial reservoir destratification effects on phytoplankton. J. Water pollut. control Fed. 45(4):665—673。